

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-237776

(43)Date of publication of application : 17.09.1993

(51)Int.Cl.

B25J 5/00
B25J 13/08
// G05D 1/02

(21)Application number : 04-075518

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 26.02.1992

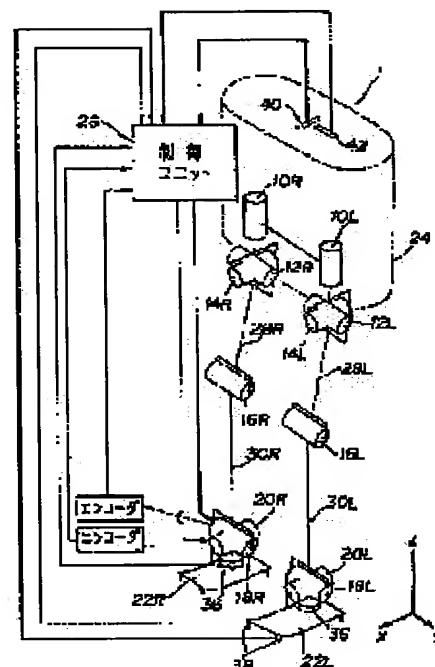
(72)Inventor : OZAWA NOBUAKI

(54) JOINT DRIVE CONTROL DEVICE FOR ROBOT

(57)Abstract:

PURPOSE: To sufficiently absorb and mitigate the external force such as road surface reaction, if applied, by providing a correction quantity calculating means determining the correction quantity for moving the preset portion of a robot to absorb the detected external force.

CONSTITUTION: A two-walking leg type moving robot 1 is provided with a body and at least one link mechanism constituted of at least two links connected to the body via the first joint and connected to each other via the second joint. When the joint drive of the robot 1 is controlled, the external force applied to the robot 1 is detected by a detecting means 36. The correction quantity for moving the preset portion of the robot 1 to absorb the detected external force is determined by a correction quantity calculating means 26. The drive control values of the first and second joints are determined by a control value determining means 26 based on the determined correction quantity, and the grounding impact force applied to the robot 1 is sufficiently absorbed and mitigated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3167404

[Date of registration]

09.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-237776

(43)公開日 平成5年(1993)9月17日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J 5/00	E	9147-3F		
	C	9147-3F		
13/08	Z	7331-3F		
// G 0 5 D 1/02	Z	7828-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平4-75518

(22)出願日 平成4年(1992)2月26日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 小澤 信明

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

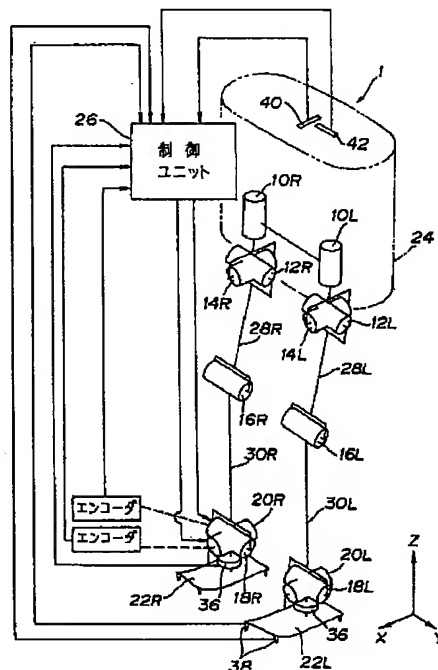
(74)代理人 弁理士 吉田 豊 (外1名)

(54)【発明の名称】 ロボットの関節駆動制御装置

(57)【要約】 (修正有)

【構成】 2足歩行ロボットなどのロボットに6軸力センサ36を取り付け、路面反力を検出し、その作用する方向に重心位置や腰の位置を移動補正して衝撃を吸収緩和する。

【効果】 路面反力が作用する重心位置やそれと等価な腰の位置を移動補正することから衝撃を効果的に吸収緩和することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体と、それに第1の関節を介して連結されると共に、第2の関節を介して相互に連結される少なくとも2つのリンクからなる少なくとも1つのリンク機構とを有してなるロボットの関節駆動を制御するものにおいて、

a. 前記ロボットに作用する外力を検出する検出手段、
b. 検出された外力を吸収すべく前記ロボットの所定部位を移動させる補正量を求める補正量算出手段、
及び

c. 求めた補正量より前記第1、第2の関節の駆動制御値を決定する制御値決定手段、を備えたことを特徴とするロボットの関節駆動制御装置。

【請求項2】 前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットが3次元空間において所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定することを特徴とする請求項1項記載のロボットの関節駆動制御装置。

【請求項3】 前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットの任意の直交する2平面に投影された姿勢がそれぞれ所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定することを特徴とする請求項1項記載のロボットの関節駆動制御装置。

【請求項4】 前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットの任意の1平面に投影された姿勢が所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定することを特徴とする請求項1項記載のロボットの関節駆動制御装置。

【請求項5】 前記ロボットの所定部位が、前記ロボットについて力学的演算で特定可能な位置であることを特徴とする請求項1項ないし4項のいずれかに記載のロボットの関節駆動制御装置。

【請求項6】 前記ロボットの所定部位が、前記ロボットについて幾何学的演算で特定可能な位置であることを特徴とする請求項1項ないし4項のいずれかに記載のロボットの関節駆動制御装置。

【請求項7】 前記制御値決定手段は、所定期間になんて前記関節の駆動制御値を決定することを特徴とする請求項1項ないし6項のいずれかに記載のロボットの関節駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はロボットの関節駆動制御装置に関し、より具体的には2足歩行などの脚式移動ロボットにおいて、着地時の衝撃を緩和する様にその関節駆動を制御する様にしたものに關する。

【0002】

【従来の技術】ロボット、特に自律型の2足歩行などの脚式移動ロボットは、足が路面と接地していれば、図19に示す様に常に路面から力の作用を受けている。この外力を以下、路面反力と呼ぶ。また歩行中の脚式移動ロ

ボットが受ける路面反力のうち、遊脚が着地した瞬間から所定の短い期間内に作用する衝撃的かつ振動的な路面反力を以下、着地衝撃と呼ぶ。着地衝撃が大きいと、それが外乱となってロボットの歩行は不安定になりやすく、最悪のときは転倒する恐れがある。

【0003】その意図から本出願人は先に特願平1-297199号（特開平3-161290号）において、路面反力に応じて足関節を駆動制御して着地衝撃を緩和する技術を提案している。着地衝撃の吸収緩和能力が向上すれば、更に安定な歩行が可能になることが容易に推察でき、更にまた、凹凸が大きな路面上を歩行する場合や歩行速度が速い場合などの着地衝撃が増加することが予想される場面においても、安定な歩行が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、着地衝撃はロボットの重心に作用する力であると考えられるが、上記した従来技術においては図20に示す様に足関節（ハッチングで示す）のみを使用して着地衝撃を緩和したところから、重心の移動量を大きく取ることができず、着地衝撃の吸収量が十分ではなかった。また上記した従来技術においては、足平全体が接地している状態では吸収動作を行うことができなかった。

【0005】脚式移動ロボットの歩行が着地衝撃の増加に伴って不安定になることは既に述べたが、ここで着地衝撃が大きいたうことは、その最大値が大きく、かつ作用している期間が長いとすることである。またその最大値が大きいたきは作用期間も長くなる傾向が強いので、着地衝撃の力積の大きさも最大値を小さく抑えることで達成できることになる。特に、脚式移動ロボットの歩行の安定性と着地衝撃の最大値との間には密接な関係が認められるので、結局、脚式移動ロボットの歩行を安定にする課題の一つは、着地衝撃の最大値を小さく抑えれば良いことになる。また、着地衝撃は先に述べた通り、ロボットの重心に作用する力とみなすことができるから、その歩行を安定化するには、重心の移動加速度的最大値を小さく抑えれば良いことになる。

【0006】従って、この発明の目的は、この様な外力を受けたときに、重心などの所定部位を予め設定されている位置からその衝撃を緩和する方向に積極的に移動させる様にしたロボットの関節駆動制御装置を提供することにある。

【0007】更には、その衝撃の緩和を所定の期間になんて行って衝撃をその期間内に分散させる様にしたロボットの関節駆動制御装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するためにこの発明は例えば請求項1項に示す如く、基体と、それに第1の関節を介して連結されると共に、第2の関節を介して相互に連結される少なくとも2つのリン

クからなる少なくとも1つのリンク機構とを有してなるロボットの関節駆動を制御するものにおいて、前記ロボットに作用する外力を検出する検出手段、検出された外力を吸収すべく前記ロボットの所定部位を移動させる補正量を求める補正量算出手段、及び求めた補正量より前記第1、第2の関節の駆動制御値を決定する制御値決定手段、を備える如く構成した。

【0009】

【作用】ロボットに作用する外力を吸収すべく前記ロボットの所定部位を移動させる補正量を求め、それにより10 関節の駆動制御値を決定する如くしたので、ロボットに作用する着地衝撃力などを十分に吸収緩和することができる。

【0010】

【実施例】以下、ロボットとして2足歩行脚式移動ロボットを例にとってこの発明の実施例を説明する。図1はそのロボット1を全体的に示す説明スケルトン図であり、左右それぞれの脚部に6個の関節(軸)を備える(理解の便宜のために各関節(軸)をそれを駆動する電動モータで例示する)。該6個の関節(軸)は上から順に、腰の脚部回旋用の関節(軸)10R、10L(右側をR、左側をLとする。以下同じ)、腰のピッチ方向(x方向)の関節(軸)12R、12L、同ロール方向(y方向)の関節(軸)14R、14L、膝部のピッチ方向の関節(軸)16R、16L、足首部のピッチ方向の関節(軸)18R、18L、同ロール方向の関節(軸)20R、20Lとなっており、その下部には足平22R、22Lが取着されると共に、最上位には胴体部(基体)24が設けられ、その内部には制御ユニット26が格納される。

【0011】上記において股関節は関節(軸)10R(L)、12R(L)、14R(L)から構成され、また足関節は、関節(軸)18R(L)、20R(L)から構成されると共に、脚部リンクは左右の足についてそれぞれ6つの自由度を与えられ、歩行中にこれらの $6 \times 2 = 12$ 個の関節(軸)をそれぞれ適宜な角度に駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行することができる様に構成される。尚、股関節と膝関節との間は大腿リンク28R、28Lで、膝関節と足関節との間は大腿リンク30R、30Lで連結される。これらの関節は主として先に述べた様に電動モータと、その出力を倍力する減速機とから構成されるが、その詳細は先に本出願人が提案した出願(特願平1-324218号、特開平3-184782号)などに述べられており、それ自体はこの発明の要旨とするところではないので、これ以上の説明は省略する。

【0012】ここで、図1に示すロボット1において、足首部には公知の6軸力センサ36が設けられ、足部を介してロボットに伝達されるX、Y、Z方向の力成分F

x、Fy、Fzとその方向回りのモーメント成分Mx、My、Mzとを測定し、足部の着地の有無と支持脚に加わる力の大きさと方向とを検出する。また足平(足裏)の四隅には公知の接地スイッチ38が設けられて、接地の有無を検出する。更に、胴体部24の上部には、一対の傾斜センサ40、42が設置され、X-Z平面内のZ軸に対する傾きとその角速度、同様にY-Z平面内のZ軸に対する傾きとその角速度を検出する。これらセンサ36などの出力は前記した胴体部24内の制御ユニット26に送られる。

【0013】図2は制御ユニット26の詳細を示すブロック図であり、マイクロ・コンピュータから構成される。そこにおいて傾斜センサ40、42などの出力はA/D変換回路50でデジタル値に変換され、その出力はバス52を介してRAM54に送られる。また各電動モータに隣接して配置されるエンコーダ56、58などの出力はカウンタ60を介してRAM54内に入力されると共に、接地スイッチ38等の出力は波形整形回路62を経て同様にRAM54内に格納される。制御ユニット内にはCPU64が設けられており、ROM66に格納されている歩行データを読み込んでカウンタ60から送出される実測値との偏差から電動モータの速度指令値を算出し、D/A変換回路68を介してサーボアンプ70に送出する。また図示の如く、エンコーダ出力はF/V変換回路72を介してサーボアンプに送出されており、図3ブロック線図に示す様にマイナーループとしての速度フィードバック制御が実現されている。尚、符号76は進路、歩幅等の歩容変更指令用のジョイスティックを、符号78は原点(直立)姿勢決定用の原点スイッチを、符号80はオーバラン防止用のリミットスイッチを示す。尚、着地衝撃緩和制御に加えて、前記した傾斜センサ40、42の出力から、傾斜角度、傾斜角速度をフィードバックした安定化制御も行うが、これはこの発明の要旨には直接関係しないので、詳細な説明は省略する。

【0014】続いて、図4フロー・チャート以下を参照して本制御装置の動作を説明する。図4は基準歩容の設計手順を示しており、これは予めオフラインで設計しておくものである。以下簡単に説明する。

【0015】先ずS1において脚式移動ロボット1の歩行速度を設定し、S2においてその歩行速度となるべく、12個の拘束条件(式)の時系列データを設定する。この拘束条件は関節角度ではなく、重心、足先などの座標位置などで決定する。続いて、S3で制御フラグデータCf(t)を設定する(ここで“t”は時刻を示す)。これは着地衝撃制御時期などを決定するフラグである。尚、この制御において着地衝撃制御時期は図5に示す様に、遊脚の足平22R(L)のカカト相当部位が接地する時刻(同図に“t-HC”で示す)の直前から爪先相当部位まで含めた足平全体が接地する時刻(同図

に“t-TC”で示す)の後の適宜な時間までとする。続いてS4において前記拘束条件(式)から公知のニュートン(・ラブソン)法による収束逆計算を用いて脚式移動ロボット1の12個の関節角度の時系列データ $\theta_{com}(t, i)$ (以下「基準関節角度」と称する)に変換する(ここで“t”は時刻を、“i”は関節を示す)。最後に、S5において変換した関節角の時系列データと設定した制御フラグとを脚式移動ロボット1の制御ユニット内のROM66に格納して終わる。

【0016】この予め設定された時系列データに基づき、図6フロー・チャートに従って歩行制御がリアルタイムに行われる(制御周期は例えば5msとする)。以下説明すると、先ずS10において格納されたデータをロードし、S12で歩行開始を確認した後、S14でタイマtの値を零にイニシャライズする。続いてS16に進んで前記したフラグCf(t)のビットから衝撃吸収制御を行うべきか否か、判断する。

【0017】S16において衝撃吸収制御時期と判断されるときは図7フロー・チャートのS18に進み、重心座標Gなどの拘束条件データを読み出す。尚、重心座標Gは図8に示す様に、鉛直上方をZ方向、進行方向をX方向、それらにそれぞれ直交する方向をY方向とする3次元空間の絶対座標上の位置、Gx, Gy, Gzで示される。

【0018】続いてS20においてロボット1に加わる路面反力(着地衝撃力)Fx, Fy, Fzを求める。図8を参照して説明すると、これは、6軸力センサ36が検出した力 $F_{x1,2}$, $F_{y1,2}$, $F_{z1,2}$ と3軸方向の回転角度 $\Theta_{1,2}$ (Y軸回り), $\Phi_{1,2}$ (X軸回り), $P_{1,2}$ (Z軸回り)とから以下の式に従って幾何学的に算出する。ここで、添字_{1,2}は図2、図8に示す様に左右の足についての値を示す。6軸力センサ36はロボット1の姿勢によって回転するので、その出力は図示の如くなる。尚、図示の例では Φ_1 , P_1 , Φ_2 , P_2 の値は全て零となっている。 $F_x = f_x(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_x(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$
 $F_y = f_y(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_y(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$
 $F_z = f_z(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_z(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$

【0019】次いでS22に進んで姿勢補正量(重心移動量) ΔG を算出する。これは以下の式に従って算出する。

$$\Delta G_x = f_g(F_x) \cdot k$$

$$\Delta G_y = f_g(F_y) \cdot k$$

$$\Delta G_z = f_g(F_z) \cdot k$$

即ち、図9に示す様に前ステップで求めた路面反力(着地衝撃力)Fx, Fy, Fzについて設定された1次関数から ΔG を求め、次いでそれに例えば図5に示す様に時間に対して可変に設定された係数kを乗じて求める。

即ち、路面反力が作用する方向に重心位置を移動させるべく補正量を決定すると共に、その値を経時的に減衰させる様にした。また図9に示す様に、 ΔG の値には上下限值1mtを設ける。これは補正量を路面反力に応じて余り大きくすると、却って姿勢を崩す恐れがあるからである。

【0020】続いてS24に進んで、予め設定されている重心座標Gに補正量 ΔG を加算し、S26に進んでその修正された拘束条件(重心座標を除く他の拘束条件は同一)の下で12個の関節角について修正する必要があるものをリアルタイムに再計算する。

【0021】即ち、この実施例においては図10に示す様に、X, Y, Zの3次元空間においてロボット1が修正された拘束条件下で決定される姿勢となる様に、関節10, 12などの12個の関節のうち、修正が必要となる関節について修正関節角度 $\theta_{com}(t, i)$ を再計算する。尚、この算出は先に図4フロー・チャートのS4で述べたオフラインでの作業と同様にニュートン(・ラブソン)法を使用して収束逆計算で求める。この場合には11個の拘束条件から関節角度を算出するので、マトリクス演算は12次となる。続いてS28に進んで修正関節角度を基準関節角度に置き換える。

【0022】次いで図6フロー・チャートに戻り、S30に進んで関節番号を数数するカウンタの値をi=0に初期化し、S32で実際の関節角 $\theta_{act}(i)$ を検出し、S34で図3に示す様に目標値 $\theta_{com}(t, i)$ と実際値との偏差にゲインkpを乗じて電動モータの速度指令値 $V_{com}(t, i)$ を決定し、S36で決定値を出力し、S38で関節番号カウンタ値をインクリメントし、S40でカウンタ値が12に達したと判断されるまで繰り返し、12に達したと判断されたときはS42に進んでタイマtをインクリメントし、S44で歩行終了と判断されない限り、S16に戻って次の時刻t+1でも同様の作業を繰り返す。

【0023】この実施例は上記の如く、12個の関節の全てを使用して路面反力が作用する方向に重心位置を移動すべくロボットの姿勢が変化する様にロボットの状態量にフィードバックして着地衝撃の吸収緩和動作を行うので、図10と図20とを対比すれば明らかな如く、従来技術の足関節のみを使用した場合に比較して重心位置の移動量をはるかに大きく取ることができて衝撃吸収量を増大させることができる。また、足平全体が路面に接地しているときも、例えば膝の屈伸運動などによって着地衝撃を吸収緩和させることができる。またその際に関節全てを制御することから関節間で干渉が生ずることがない。

【0024】図11はこの発明の第2の実施例を示しており、第1実施例と相違する点は、図7フロー・チャートのS26に対応する同図S26aの修正関節角度計算において、ロボット1の3次元空間内の姿勢を、図10

中に示すXZ平面、YZ平面に投影された姿勢に分割、即ち2次元モデル化して行うことである。即ち、上下ならびに前後方向の着地衝撃の吸収動作はXZ平面に投影された姿勢(XZモデル、図12)から決定される関節角度で、左右方向の着地衝撃はYZ平面に投影された姿勢(YZモデル、図13)から決定される関節角度で制御する。こうすることによって拘束条件から関節角度を算出する際のマトリクス演算がXZモデルについては6次、YZモデルについては4次となるので(=6+4)、第1実施例と比較して演算時間を短縮することができる。第2実施例でも第1実施例とほぼ同等の重心移動量が得られるので、第1実施例と同じレベルで着地衝撃吸収量の増大と衝撃吸収期間の非限定化が達成される。尚、ロボットの3次元空間内の姿勢を2次元モデル化したことによって、関節間に干渉が発生することがあるが、それは実質的には無視して支障ないほどの大きさである。尚、残余の構成は第1実施例と異なるない。

【0025】図14はこの発明の第3の実施例を示しており、第1、第2実施例と相違する点は、同図のS26bに示す如く、左右方向の衝撃吸収制御を中止して修正関節角の計算を更に簡略にしたことにある。これは左右方向の着地衝撃量は前後方向のそれに比して小さいため、左右方向の衝撃吸収を行わなくても歩行を不安定にすることが実質的にはないと言う理由による。従って、第3実施例では第2実施例と同様に2次元モデル化を行うと共に、XZモデルを使用しての衝撃吸収動作のみを考慮する。具体的にはX方向に駆動する関節12、16、18のみの制御値を修正する。その結果、関節角度算出のためのマトリクス演算は6次となるので、第2実施例に比しても更に演算時間を短縮することができる。第3実施例でも第1、第2実施例とほぼ同等の重心移動量を取ることができるので、所期の目的を達成することができる。尚、残余の構成は第1実施例と同様である。

【0026】図15はこの発明の第4の実施例を示しており、同図を参照して説明すると、従前の実施例と相違する点は、基準歩容のパラメータとして重心位置に代えて腰の位置を用いると共に、着地衝撃力のフィードバック先を重心位置ではなく、腰の位置Hとした(ここで腰の位置Hは、胴体部24の中心断面線上の位置で、かつ胴体部24の下部とした。図10に示す)。即ち、基準歩容における腰の位置Hを、着地衝撃力(路面反力)Fの大きさによって、それを吸収緩和する方向に ΔH だけ移動させる様にした。フィードバック先を腰の位置としたのは、図10で示したロボット1の場合には歩行中に取られる全ての姿勢において重心位置が大きく変化することはなく、およそ腰の位置にあるので、腰の位置を移動させることによって着地衝撃吸収量の増大を図ると言う所期の目的が実質的に達成できるからである。更に、腰の位置を移動させる様に構成することによって得られる利点としては1つには比較的演算量の多い重心位

置計算が不要となることでことである。図16に2リンクのモデルにおいて第2リンクの先端の座標(X, Y)を求める場合と、リンク全体の重心位置(G_x , G_y)を求める場合とを対比して示す。これから力学的な計算が必要となる重心位置の算出の方が、単に幾何学計算のみで足る腰の位置の算出よりはるかに計算量が多く、実施例で示す13リンクのモデル(ロボット1)となればその格差が極めて大きくなることが理解できよう。また他の利点としては姿勢によって変化しない固定的な位置を基準とすることから、左右の足を独立に扱うことができて更に演算量が減少することである(後述)。

【0027】以下、第4実施例を従前の実施例と相違する点を中心に説明すると、図4フロー・チャートのS2において重心位置に代えて腰の位置を拘束条件に含めておき、S4、S5で時系列データ(基準関節角度)を予め設定しておいた後、図15フロー・チャートのS100で腰の位置の座標Hを含む拘束条件を読み出し、S102で路面反力を第1実施例と同様に検出した後、S104で腰の位置の補正量を算出する。これは第1実施例と同様に、例えばX方向について言えば、 $\Delta H_x = f_h(F_x) \cdot k$ などと算出する(図9)。次いでS106に至って基準位置Hに補正量 ΔH を加算し、S108で第1実施例と同様にX, Y, Zの3次元空間において12個の関節のうち補正が必要なものについて修正角度を再計算する。先に述べた様に力学的な計算が不要、即ち幾何学計算のみで算出可能な腰の位置を基準とすること、さらに左右の足を独立に扱うことができることより、腰と足平の相対的位置ならびに回転角度の関係は独立に考慮することができるので、拘束条件から関節角度を算出する際のマトリクス演算が6次+6次となるので、第1実施例と比較して演算量を大幅に減少することができる。更に、重心位置と腰の位置との離間距離は僅少であるので、着地衝撃力に応じてその作用する方向に腰の位置を移動させることによって第1実施例とほぼ同様の目的を達成することができる。また足平全体が接地していても着地衝撃を吸収緩和できることと、12関節全てを制御することから関節間の干渉が生じないことなどを含む残余の構成は、第1実施例と同様である。

【0028】図17はこの発明の第5実施例を示しており、図15フロー・チャートのS108に対応する同図のS108aにおいて、先の第2実施例と同様に、2次元モデル化して関節角度を算出する様にした。第2実施例と同様に、マトリクス演算が左右の足でそれぞれXZ平面に投影された姿勢に関しては3次、YZ平面に投影された姿勢に関しては2次となって(3+2)+(3+2)となって演算量が減少する。更に、重心位置ではなく腰の位置を使用することから、演算は一層簡略となっている。尚、残余の構成は第4実施例と変わらない。

【0029】図18はこの発明の第6実施例を示してお

り、同図S108bに示す如く、先の第3実施例と同様に2次元モデル化して関節角度を算出すると共に、左右方向の衝撃吸収制御を行わない様にした。腰の位置を移動させる点を除けば、その効果は第3実施例と同様である。尚、残余の構成は第4実施例と同様である。

【0030】尚、上記の第4実施例、第5実施例及び第6実施例においては、腰の位置を胴体部24の中心断面線上の位置で、かつ胴体部24の下部としているが、もちろんこれに限られるものではない。重心位置の如くロボットの姿勢により変化し、従ってその算出に力学的な計算が必要となり演算量が比較的大量になる様な位置でなく、即ち、単に幾何学計算により算出可能な位置で、かつ重心位置付近の位置であれば、上記実施例と同様な効果を達成することができる。

【0031】更には、外力として路面反力（着地衝撃力）のみを挙げたが、基体に加わる外力や内部部材の移動による力などを検出して補正しても良い。

【0032】更には、着地衝撃制御時期を図5に示した様に設定したが、任意に変えても良い。

【0033】更には、この発明を2足歩行の脚式移動ロボットについて説明したが、それに限られるものではなく、この発明は産業用ロボットと総称される据え付け型のロボットや自律移動型のロボットにも妥当すると共に、脚式移動ロボットの中でも3足以上のものであっても妥当するものである。

【0034】

【発明の効果】請求項1項にあっては基体と、それに第1の関節を介して連結されると共に、第2の関節を介して相互に連結される少なくとも2つのリンクからなる少なくとも1つのリンク機構とを有してなるロボットの関節駆動を制御するものにおいて、前記ロボットに作用する外力を検出する手段、検出された外力を吸収すべく前記ロボットの所定部位を移動させる補正量を求める補正量算出手段、及び、求めた補正量より前記第1、第2の関節の駆動制御値を決定する制御値決定手段を備える如く構成したので、路面反力などの外力を受けたときも十分に吸収緩和することができる。

【0035】請求項2項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットが3次元空間において所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定する如く構成したので、外力を吸収緩和するための所要の姿勢を構成するための関節角度を正確に構成することができ、また関節間の干渉を生じることもない。

【0036】請求項3項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットの任意の直交する2平面に投影された姿勢がそれぞれ所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定する如く構成したので、外力を吸収緩和するための所要の姿勢を構成するための関節角度を比較的簡

単な演算で求めることができる。

【0037】請求項4項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記制御値決定手段は、求めた補正量より、ロボットの任意の1平面に投影された姿勢が所要の姿勢となるべく、前記関節の駆動制御値を決定する如く構成したので、外力を吸収緩和するための所要の姿勢を構成するための関節角度を更に簡単な演算で求めることができる。

【0038】請求項5項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記ロボットの所定部位が、前記ロボットについて力学的演算で特定可能な位置である如く構成したので、路面反力の如く接地面から生じる外力の作用点そのものを移動させて衝撃を吸収緩和することから、一層効果的に外力を吸収することができる。

【0039】請求項6項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記ロボットの所定部位が、前記ロボットについて幾何学的演算で特定可能な位置である如く構成したので、その位置を適宜に特定することによって請求項5項とほぼ同様な効果を得ることができると共に、演算量を大幅に減少することができる。

【0040】請求項7項記載のロボットの関節駆動制御装置にあっては、前記制御値決定手段は、所定期間内において前記関節の駆動制御値を決定する如く構成したので、その所定期間を適宜に設定することによって例えば路面反力の様な外力が作用したときにその衝撃を十分に吸収緩和することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るロボットの関節駆動制御装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1に示す制御ユニットの説明ブロック図である。

【図3】図2に示す制御ユニットの制御手法を示すブロック線図である。

【図4】この発明の動作を示すフロー・チャートで、基準歩容の設計手順を示すフロー・チャートである。

【図5】図4フロー・チャートの中の着地衝撃制御時期を示すタイミング・チャートである。

【図6】この発明の動作を示すフロー・チャートであって、基準歩容に従って動作するときの手順を示すフロー・チャートである。

【図7】図5フロー・チャートの一部を構成するフロー・チャートである。

【図8】図6フロー・チャートで路面反力の算出を示す説明図である。

【図9】図6フロー・チャートで重心位置の補正特性を示す説明図である。

【図10】この発明の第1実施例におけるX、Y、Zの3次元空間における関節計算を示す説明図である。

【図11】この発明の第2実施例を示す要部フロー・チャートである。

【図12】図10におけるX, Y, Z空間における姿勢をXZ平面に投影したものを示す説明図である。

【図13】図10におけるX, Y, Z空間における姿勢をYZ平面に投影したものを示す説明図である。

【図14】この発明の第3実施例を示す要部フロー・チャートである。

【図15】この発明の第4実施例を示す図7と同様なフロー・チャートである。

【図16】第4実施例を説明するための2リンクモデルの重心位置計算と他の位置計算の難易を示す説明図である。

【図17】この発明の第5実施例を示す要部フロー・チャートである。

【図18】この発明の第6実施例を示す要部フロー・チャートである。

【図19】脚式移動ロボットに作用する路面反力を示す*

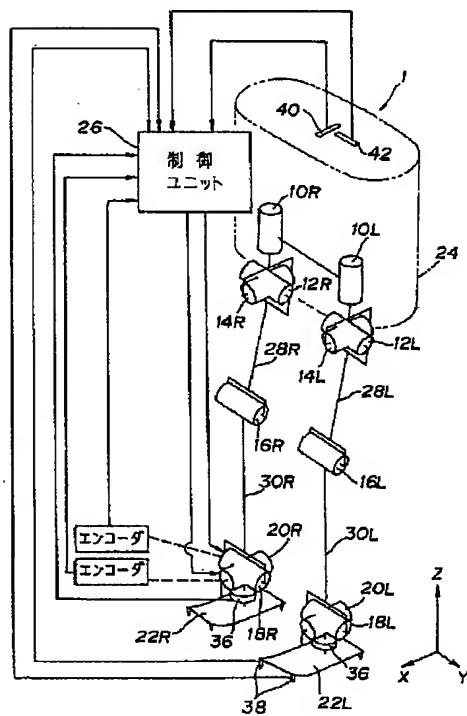
* 説明図である。

【図20】従来技術における路面反力の衝撃吸収動作を示す説明図である。

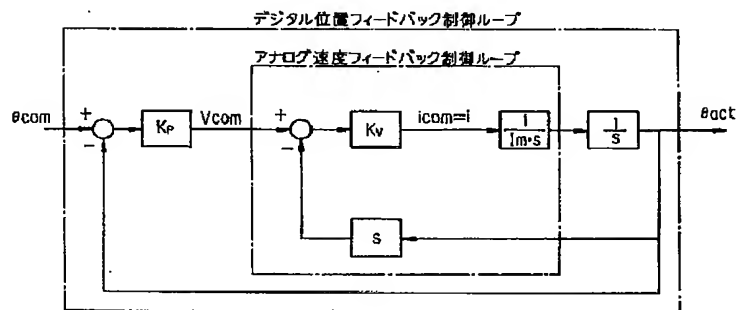
【符号の説明】

1	脚式移動ロボット（2足歩行ロボット）
10R, 10L	脚部回旋用の関節（軸）
12R, 12L	股部のピッチ方向の関節（軸）
14R, 14L	股部のロール方向の関節（軸）
16R, 16L	膝部のピッチ方向の関節（軸）
18R, 18L	足首部のピッチ方向の関節（軸）
20R, 20L	足首部のロール方向の関節（軸）
22R, 22L	足平
24	胴体部
26	制御ユニット
36	6軸力センサ

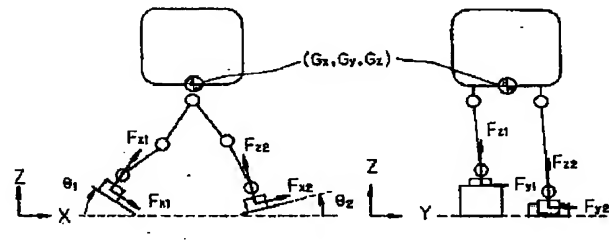
【図1】



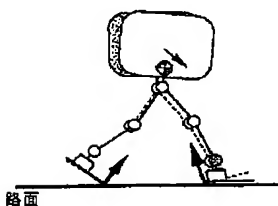
【図3】



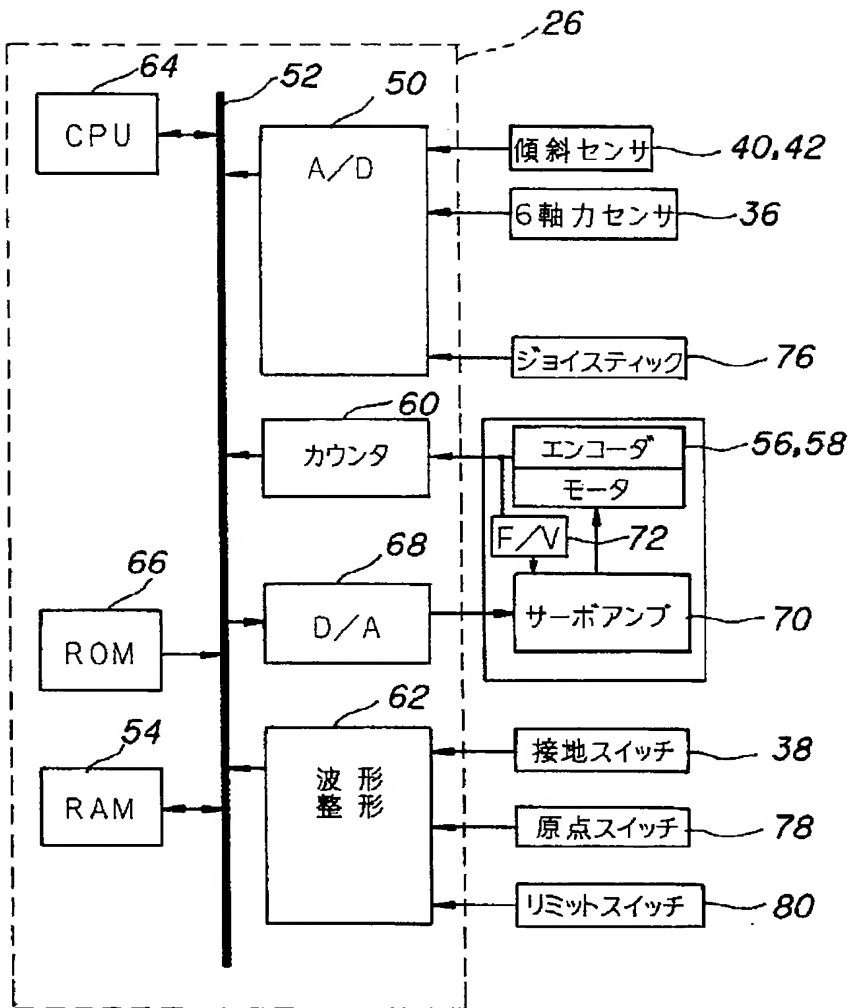
【図8】



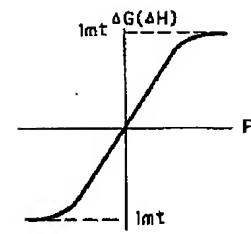
【図20】



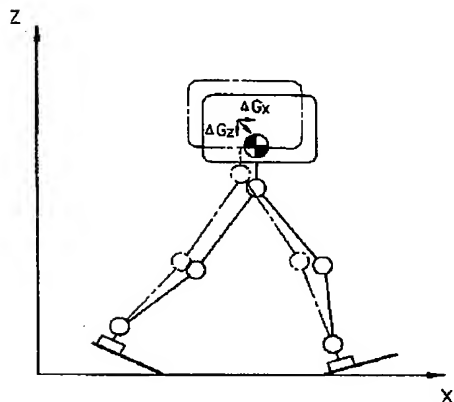
【図2】



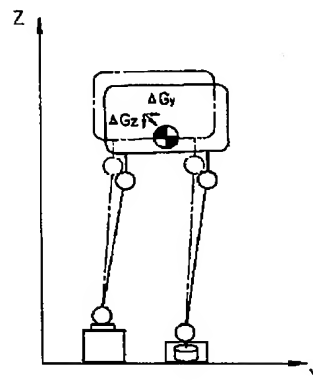
【図9】



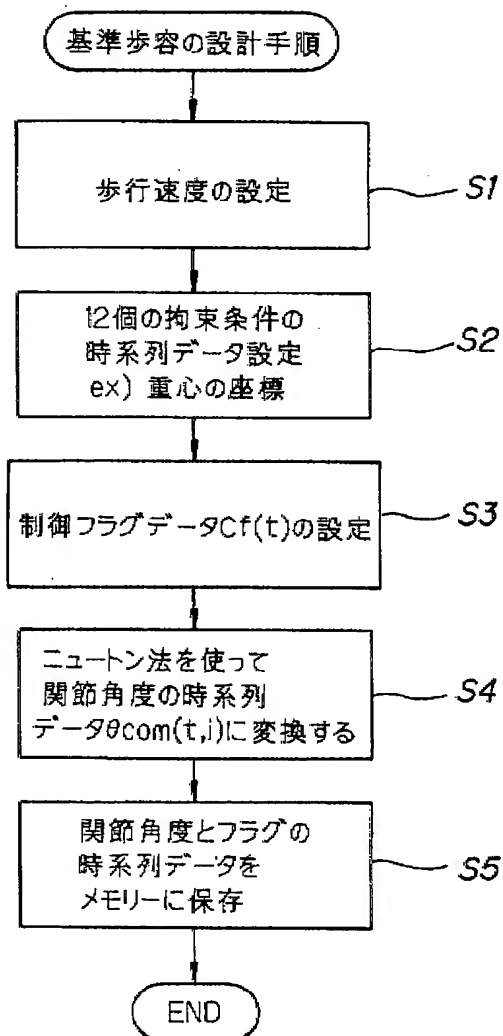
【図12】



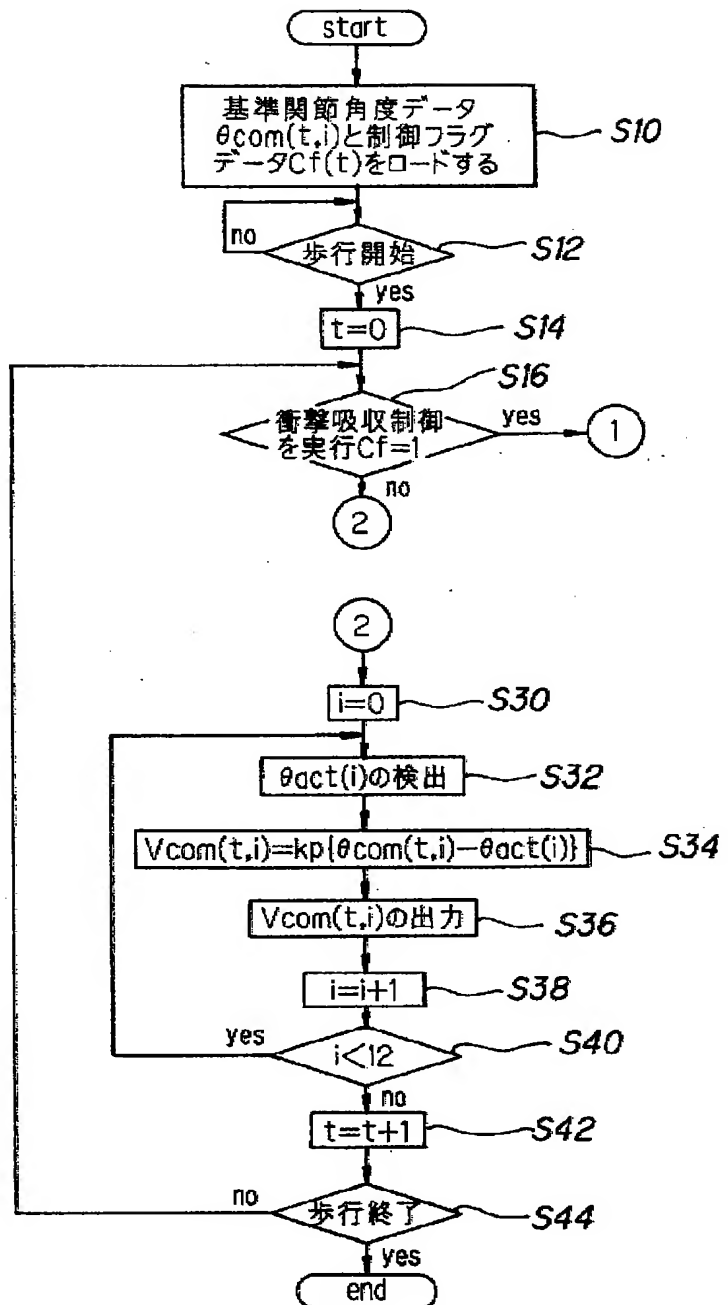
【図13】



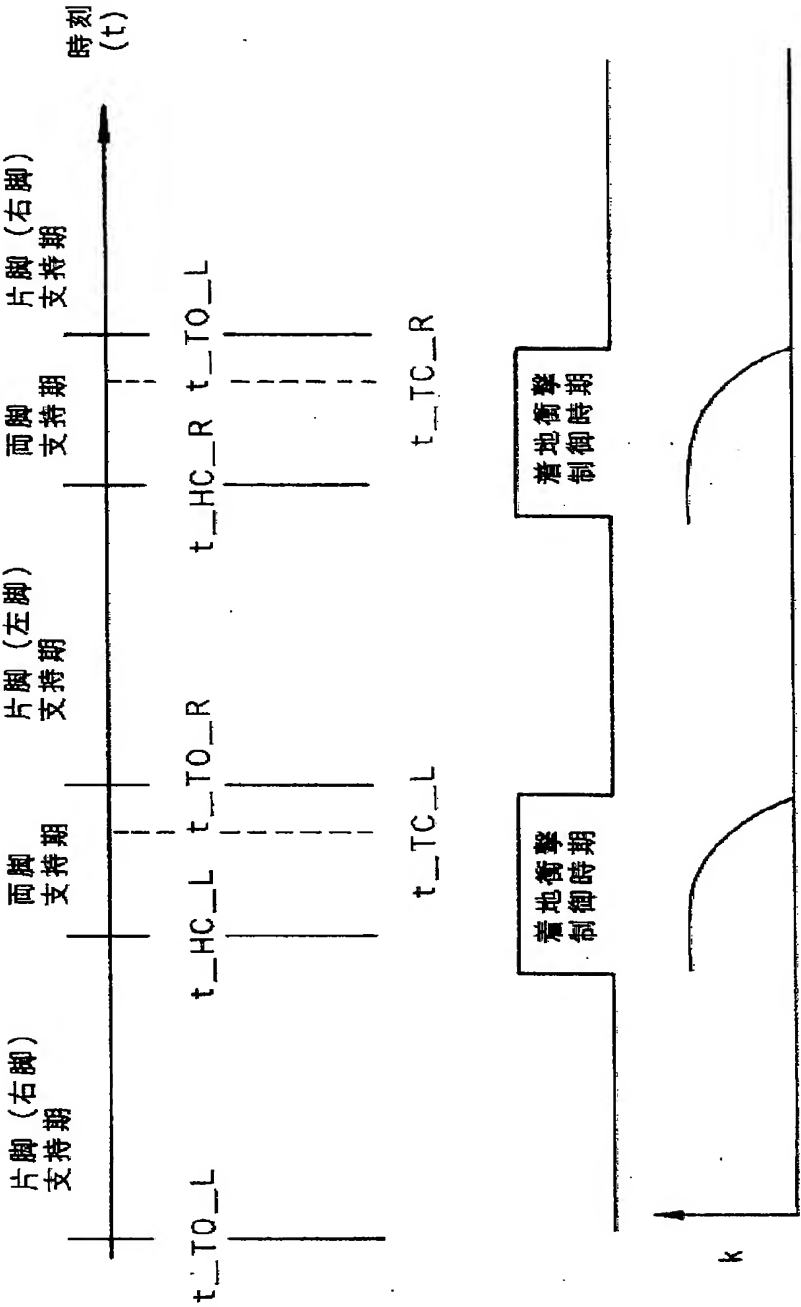
【図4】



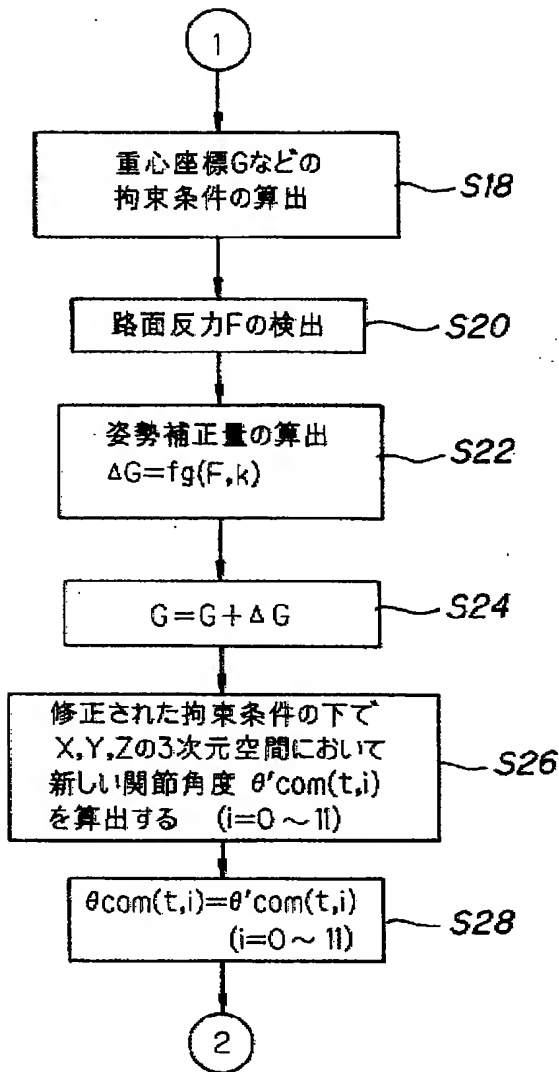
【図6】



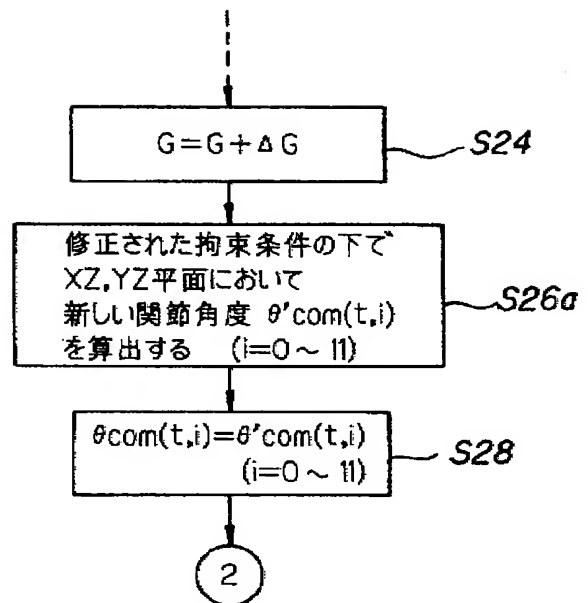
【図5】



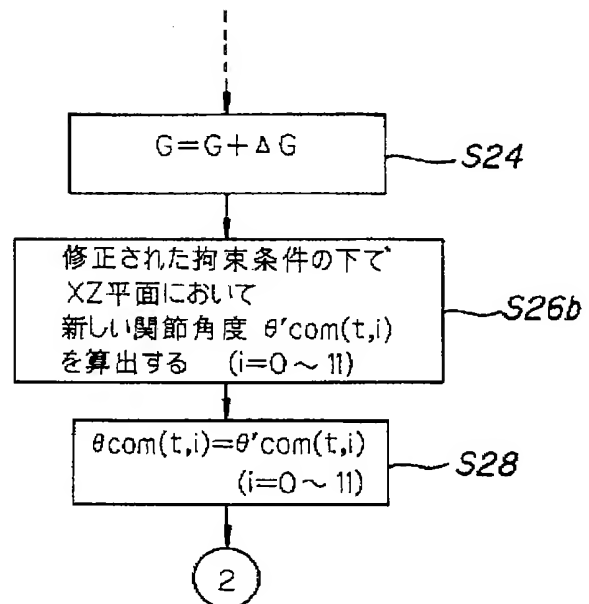
【図7】



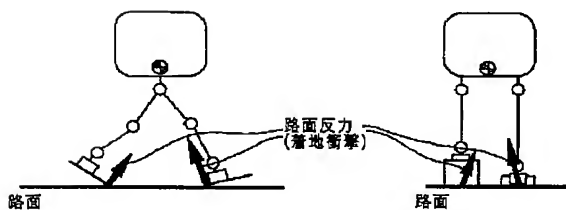
【図11】



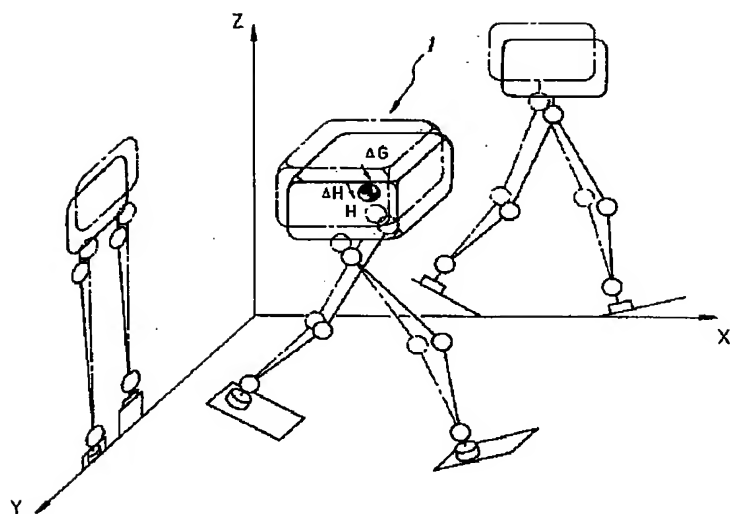
【図14】



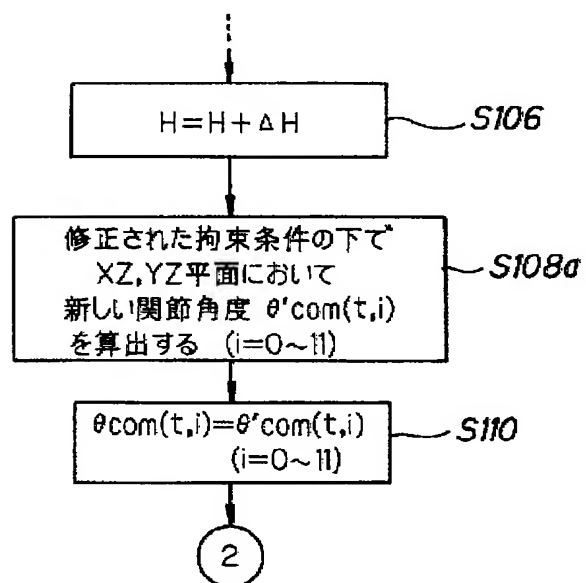
【図19】



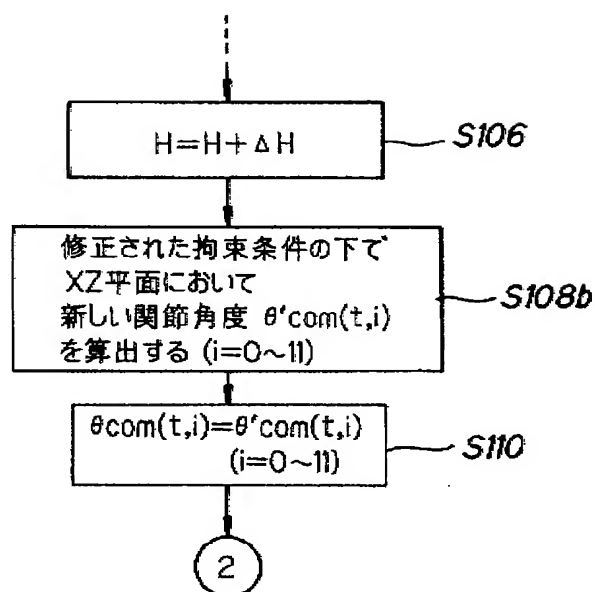
【図10】



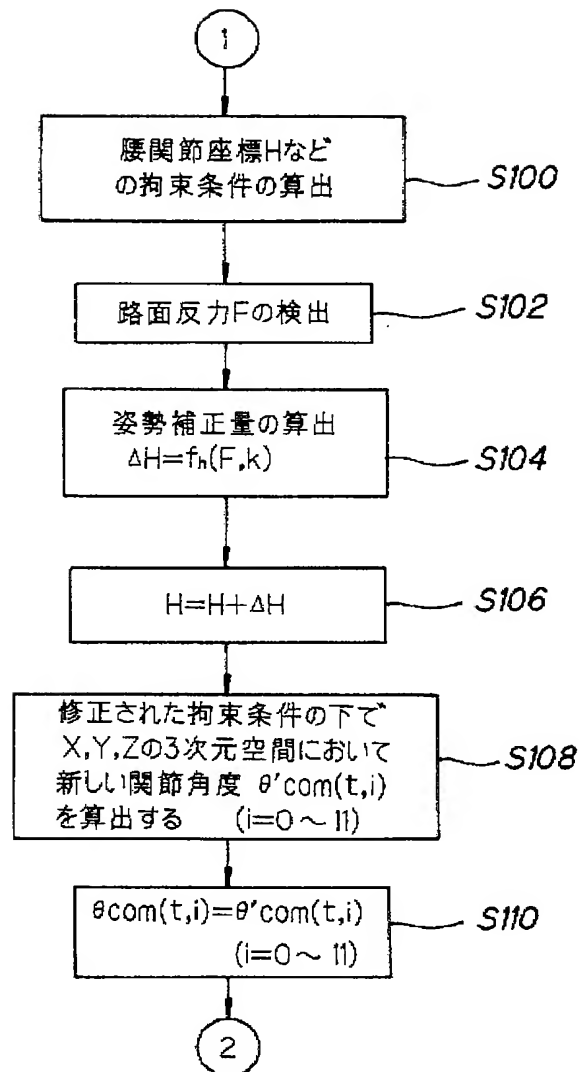
【図17】



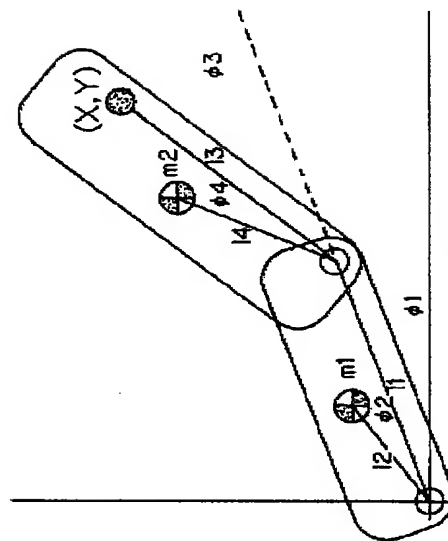
【図18】



【図15】



【図16】



$$\begin{aligned} X &= l_1 \cos(\phi_1) + l_3 \cos(\phi_1 + \phi_3) \\ Y &= l_1 \sin(\phi_1) + l_3 \sin(\phi_1 + \phi_3) \end{aligned}$$

$$G_x = \frac{m_1 l_2 \cos(\phi_1 + \phi_2) + m_2 \{ l_1 \cos(\phi_1) + l_4 \cos(\phi_1 + \phi_3 + \phi_4) \}}{m_1 + m_2}$$

$$G_y = \frac{m_1 l_2 \cos(\phi_1 + \phi_2) + m_2 \{ l_1 \cos(\phi_1) + l_4 \cos(\phi_1 + \phi_3 + \phi_4) \}}{m_1 + m_2}$$

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第3区分

【発行日】平成11年(1999)11月2日

【公開番号】特開平5-237776

【公開日】平成5年(1993)9月17日

【年通号数】公開特許公報5-2378

【出願番号】特願平4-75518

【国際特許分類第6版】

B25J 5/00

13/08

// G05D 1/02

【F I】

B25J 5/00

E

C

13/08

Z

G05D 1/02

Z

【手続補正書】

【提出日】平成11年2月24日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】

【実施例】以下、ロボットとして2足歩行脚式移動ロボットを例にとって、この発明の実施例を説明する。図1はそのロボット1を全体的に示す説明スケルトン図であり、左右それぞれの脚部に6個の関節(軸)を備える(理解の便宜のために各関節(軸)をそれを駆動する電動モータで例示する)。該6個の関節(軸)は上から順に、腰の脚部回旋用の関節(軸)10R、10L(右側をR、左側をLとする。以下同じ)、腰のピッチ方向(Y軸中心)の関節(軸)12R、12L、同ロール方向(X軸中心)の関節(軸)14R、14L、膝部のピッチ方向(Y軸中心)の関節(軸)16R、16L、足首部のピッチ方向(Y軸中心)の関節(軸)18R、18L、同ロール方向(X軸中心)の関節(軸)20R、20Lとなっており、その下部には足平22R、22Lが取着されると共に、最上位には胴体部(基体)24が設けられ、その内部には制御ユニット26が格納される。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】上記において股関節は関節(軸)10R

(L)、12R(L)、14R(L)から構成され、膝関節は関節(軸)16R(L)から構成され、また足関節は、関節(軸)18R(L)、20R(L)から構成されると共に、脚部リンクは左右の足についてそれぞれ6つの自由度を与えられ、歩行中にこれらの $6 \times 2 = 12$ 個の関節(軸)をそれぞれ適宜な角度に駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を歩行することができる様に構成される。尚、股関節と膝関節との間は大腿リンク28R、28Lで、膝関節と足関節との間は大股リンク30R、30Lで連結される。これらの関節は主として先に述べた様に電動モータと、その出力を倍力する減速機とから構成されるが、その詳細は先に本出願人が提案した出願(特願平1-324218号、特開平3-184782号)などに述べられており、それ自体はこの発明の要旨とするところではないので、これ以上の説明は省略する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】図2は制御ユニット26の詳細を示すブロック図であり、マイクロ・コンピュータから構成される。そこにおいて傾斜センサ40、42などの出力はA/D変換回路50でデジタル値に変換され、その出力はバス52を介してRAM54に送られる。また各電動モータに隣接して配置されるエンコーダ56、58などの出力はカウンタ60を介してRAM54内に入力されると共に、接地スイッチ38等の出力は波形整形(回路)62を経て同様にRAM54内に格納される。制御ユニ

ット内にはCPU64が設けられており、ROM66に格納されている歩行データを読み込んでカウンタ60から送出される実測値との偏差から電動モータの速度指令値を算出し、D/A変換回路68を介してサーボアンプ70に送出する。また図示の如く、エンコーダ出力はF/V変換回路72を介してサーボアンプに送出されており、図3ブロック線図に示す様にマイナーループとしての速度フィードバック制御が実現されている。尚、符号76は進路、歩幅等の歩容変更指令用のジョイスティックを、符号78は原点（直立）姿勢決定用の原点スイッチを、符号80はオーバラン防止用のリミットスイッチを示す。尚、着地衝撃緩和制御に加えて、前記した傾斜センサ40、42の出力から、傾斜角度、傾斜角速度をフィードバックした安定化制御も行うが、これはこの発明の要旨には直接関係しないので、詳細な説明は省略する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】S16において衝撃吸収制御時期と判断されるときは図7フロー・チャートのS18に進み、重心座標Gなどの拘束条件データを読み出す（算出する）。尚、重心座標Gは図8に示す様に、鉛直上方をZ方向、進行方向をX方向、それらにそれぞれ直交する方向をY方向とする3次元空間の絶対座標上の位置、 G_x 、 G_y 、 G_z で示される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】続いてS20においてロボット1に加わる路面反力（着地衝撃力） F_x 、 F_y 、 F_z を求める。図8を参照して説明すると、これは、6軸力センサ36が検出した力 $F_{x1,2}$ 、 $F_{y1,2}$ 、 $F_{z1,2}$ と3軸方向の回転角度 $\Theta_{1,2}$ （Y軸回り）、 $\Phi_{1,2}$ （X軸回り）、 $P_{1,2}$ （Z軸回り）とから以下の式に従って幾何学的に算出する。ここで、添字 $1,2$ は図8に示す様に左右の足についての値を示す。6軸力センサ36はロボット1の姿勢によって回転するので、その出力は図示の如くなる。尚、図示の例では Φ_1 、 P_1 、 Φ_2 、 P_2 の値は全て零となっている。

$$F_x = f_x(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_x(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$$

$$F_y = f_y(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_y(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$$

$$F_z = f_z(\Theta_1, \Phi_1, P_1, F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) + f_z(\Theta_2, \Phi_2, P_2, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2})$$

【手続補正6】

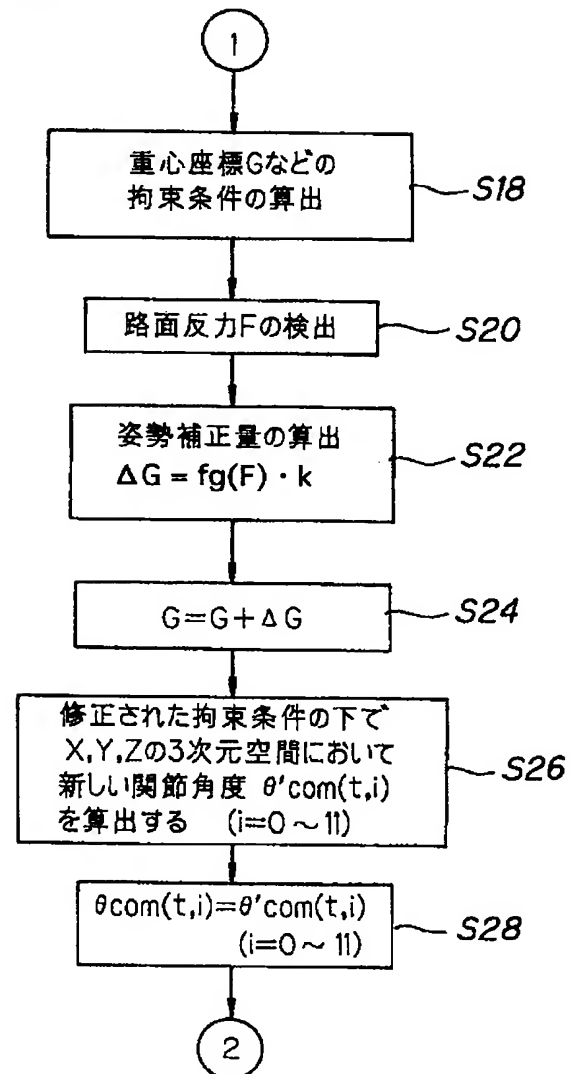
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正7】

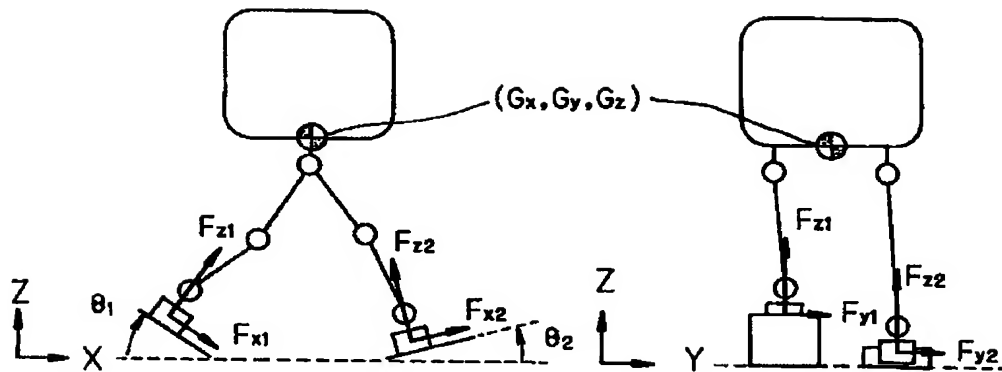
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



【手続補正8】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図15

【補正方法】変更

【補正内容】

【図15】

